林业科学研究 2005,18(3):351～355
Forest Research

文章编号:1001-1498(2005)03-0351-05

现代竹业栽培的土壤生态管理

陈双林, 萧江华
(中国林业科学研究院亚热带林业研究所,浙江 富阳 311400)

摘要:以可持续发展理论为指导,在定义森林土壤生态管理概念的基础上,回顾了我国竹林土壤管理的历史,分析了现行竹林主要经营措施对土壤生态质量的负面影响,提出了竹林土壤生态管理领域今后应重点研究的方向。

关键词:竹业;栽培;土壤管理
中图分类号:S795 **文献标识码**:A

Soil Ecological Management of Cultivated Bamboo Stand

CHEN Shuang-lin, XIAO Jiang-hua
(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Guided by the theory of sustainable development, and based on the concept of forest soil ecological management, the authors reviewed the history of bamboo stand soil management in China, analyzed the negative influence of existing main measures of bamboo stand management on soil ecological quality, put forward the study directions of bamboo stand soil ecological management in the future.

Key words: bamboo industry; cultivation; soil management

竹林是我国森林资源的重要组成部分,90%以上分布于江河湖库的源头或两岸,是竹产区农业增效、农民增收,实现小康社会的重要物质基础和生态环境的重要屏障。然而,在当前竹业栽培中,忽视竹林生态系统结构与功能的统一性、协同性和完整性,片面追求最大化短期经济效益的现象较为突出,造成一些诸如中小尺度上的竹林土壤侵蚀增加和水系富营养化、林地长期生产力下降、生物多样性锐减、产品产量和质量下降等生态和经济的负面效应,不利于竹林的可持续经营,已制约我国竹业的健康发展。为此,本文从科学发展观理论出发,以竹林土壤生态管理(SEM—soil ecological management)为切入点分析现行竹林栽培措施对竹林土壤层面生态系统的影响,着重提出该领域今后应重点研究的方向,旨在为竹业生产和研究提供参考。

1 森林土壤生态管理概念

20世纪80年代以来,国际社会明确和肯定了可持续发展是当今世界各国唯一可选择的发展模式,就林业而言,森林可持续发展是21世纪各国林业发展的战略和指导思想。实现森林可持续发展的中心策略是实行森林生态系统管理(forest ecosystem management)[1,2],基本理论是人类与自然协调发展,即要承认人类对森林的经济利用要求,又要认识到这种需求的永久满足有赖于生态系统的结构与功能和维持[3],总目标是维持生态完整性(ecological integrity),具体包括维持生物多样性、生态过程、物种和生态系统进化潜力[4]。具有活力、稳定和自调节能力等综合特征的森林生态系统健康维护和评价体系建立及可持续利用等属森林生态系统管理范畴的研究已成

收稿日期: 2004-08-31
基金项目: 国家"十五"科技攻关项目子课题(2001BA506B01)资助
作者简介: 陈双林(1965-),男,浙江龙游人,副研究员,博士生,从事竹林生态与栽培技术研究. E-mail: cslbamboo@sohu.com, tel: 0571-63310054

为森林生态学研究的热点和前沿领域。

土壤层是森林生态系统的重要组成部分,既是地上植被的承载体,又是维系植物生长发育的基础养分的供给体,也是产生森林水文效应最终的、容量最大的活动层面,对森林立地生产力和水土保持与涵养水源等功能发挥起着决定性作用,具有自然状态的相对稳定性和系统受扰动的恢复困难性等特征,是森林生态系统管理最为重要的环节,尤其是人工林生态系统。森林土壤生态管理是指人类为永续获取生存与发展所需要的森林产品和适宜的生存环境,在维持森林土壤生态系统自然或近自然状态的前提下,以维护森林土壤物理、化学、生物等性状相对稳定的人工干扰来促进森林产品产量和质量的稳定或提高,实现森林的可持续利用。森林土壤生态管理遵循森林生态系统管理原理与原则,系统结构稳定性、生物多样性、养分有效循环等是反映土壤生态系统健康的重要指标和土壤生态系统管理的主要内容。

2 竹林土壤管理历史沿革

竹林土壤管理是竹林丰产栽培的核心技术之一,历来为竹类研究者和经营者所重视,主要包括竹林地养分补充、地下鞭根系统结构改造的土壤整理和水分供应等。以竹林地养分补充为主要划分依据,可将我国竹林土壤管理进程大致划分为三阶段:第1阶段,20世纪50年代至70年代中期。竹林多属粗放经营状态,林相以混交竹林居多,基本不施肥。竹林施肥技术研究处于起步阶段,仅以有机厩肥经验法在毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de lehaie)林中有小规模应用。该阶段竹林土壤生态质量影响的主要来源是竹林的过度砍伐所引致的水土流失;第2阶段,20世纪70年代中期至90年代中期。随着国内外竹业市场的拓展和各类产品的持续深化开发,竹林经济效益显著增长,毛竹、早园竹(*Phyllostachys propinqua* McClure)、高节竹(*Phyllostachys prominens* W. Y. Xiong)、红竹(*Phyllostachys iridescens* C. Y. Yao et S. Y. Chen)、绿竹(*Dendrocalamopsis oldhami* (Munro) Keng f.)、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)等近20种经济竹种的集约经营面积逐年增加,竹林化学肥料施用量和施肥面积迅速增加。竹林施肥技术研究与应用不断深入并取得丰硕成果,促进了竹林经济产量的显著提高,逐步建立了以竹林营养诊断为基础的具有土壤生态管理理念的平衡施肥技术体系;但该时期由于过度地片面追求竹林最大化经济效益产出,一些不尽合理的土壤管理措施的负面生态和经济效应渐显,其中以长期大量施用化学肥料和大面积竹纯林经营及连年竹林地垦覆最为突出;第3阶段,20世纪90年代末开始,在全球实行可持续发展的大背景之下,面对竹林地生物多样性下降、地力退化、土壤污染等我国竹业生产中所存在的问题,竹业界普遍认识到现行竹业经营技术已满足不了现代竹业形势发展的需要,提出了实施竹业可持续经营的发展战略,竹林土壤生态管理应运而生,并以生态安全和可持续经营为标准对一些现行竹林经营技术作了重新认识与修正或摒弃。开展了竹林养分循环机理、基于竹林自肥能力维护与改善的经营模式优化、竹林专用生物有机肥研制等涉及土壤生态管理的相关内容研究。可以肯定,土壤生态管理是竹林土壤管理的发展趋势,将会成为今后一段时期内竹类研究的热点和重点内容,目前尚处于初级发展阶段,理论与技术体系急需建立与完善。

3 影响竹林土壤生态质量的主要经营措施

3.1 经营类型

竹林按其建群树种组成可分为混交竹林和竹纯林,在天然状态下为混交林状态,往往和地带性森林植被破坏后形成的次生树种混生,于一定边界中有较强的轨道稳定性和抗干扰能力[5],经强度人为干扰或人工营造成为纯林,并在人为控制下呈稳定的竹纯林状态。目前我国竹纯林大多是在混交林中伐除乔木、灌木,相应提高单位面积立竹度来实施的,也有一部分以纯林形式营造的竹林。混交竹林改为竹纯林后,生态系统结构发生了根本性变化,系统功能也发生改变,其中对土壤生态质量的劣性影响表现为:与竹林地养分循环紧密联系的生物量分配格局改变。竹子生物量提高,林下植被和其它树种生物量急剧减小。以3 900株·hm^{-2}立竹度毛竹纯林为例,竹林生物量达30 978.4 kg·hm^{-2},林下植被生物量和枯枝落叶累积量分别仅为1 588.1 kg·hm^{-2}、3 533.8 kg·hm^{-2}[6],自肥能力不足。由于竹材、竹笋等竹林产品连年大量输出林外,导致系统养分消耗大于补充,土壤中全氮、速效氮、钾和有机质含量显著降低[7]。改造后经一段时期的高产,竹林生产力持续下降[8];对维护竹林地土壤肥力,实现竹林丰产具有重要意义的竹林生态系统养分循环速度总体减

慢[9];枯枝落叶层持水量与土壤层蓄水量降低,地下径流量和径流期减小,地表径流量和次数增加,土壤侵蚀率提高,加剧了土壤有效养分的流失[10~13]。当然,在市场对竹林产品需求不断增长的背景下,将竹纯林大面积恢复至混交林是不现实的,惟有在提倡混交竹林经营的同时,研究切实可行的维护竹林生态功能和持续生产力的经营技术。

3.2　施肥

人工经营竹林是以竹笋、竹材、竹枝和竹叶等收获形式向外界输出大量物质的,要维系竹林较高的生产力,必须人工补充林地养分的消耗。为此,施肥技术研究一直是竹林栽培学的重点研究内容,就施肥方法及施肥对竹林产量和产品质量的影响等开展了许多研究[14~18],这对指导我国竹业栽培起到了很好的促进作用,但就施用化肥对竹林地土壤生态质量的影响研究则少有涉及。

目前我国竹业栽培中普遍施用化学肥料,其中以氮肥为主。依据竹林长期施用化学氮肥所表现出的林地衰退特征,借鉴国内外农林业相关研究成果来分析施用化学氮肥对竹林地土壤所造成的负面生态影响,主要表现于:(1) 土壤酸化。竹林地土壤酸化主要原因有两种,一种是碳循环导致土壤酸化,即竹子中有机阴离子(碱)随着竹林生物量从林地中移走而移走。另一种是氮循环致成,当竹林施用氮肥后,生物量增加,更多的碱随产品的收获从土壤中移走;而且施用氮肥会造成土壤中铵态氮的硝化及随后 NO_3^- 的淋溶,加剧土壤酸化[19,20];(2)"氮饱和"。使用氮肥补充竹林生态系统的氮素可以提高系统的生产力和碳的储量,但长期施用氮肥会造成氮输入量超过系统中植物和微生物的需要,增加土壤氮素和阳离子损失量,致使除氮素以外的必需养分元素亏缺,形成氮毒害,降低生态系统的生物多样性,出现"氮饱和"效应[18,21];(3) 水系富营养化。竹林中施用氮肥的氮素利用率低,除以 N_2、NH_3 挥发外,能以 NO_3^-、NO_2^-、NH_4^+ 和有机氮形式淋溶出林外,长期施用使竹林周边水系氮素含量显著升高,造成富营养化,影响区域生态环境;而氮是植物营养系统的基本元素,趋向封闭式循环,系统扰动减缓得慢,一旦失衡,恢复困难[22]。因此,对竹林氮循环的人工干预应特别慎重。

3.3　林地垦覆

林地垦覆是竹林丰产的重要技术措施,在短期内能改善土壤理化性质,清除制约竹子生长的其它植被,具一定的增产效果,尤其在低产林改造初期;但有些竹区盲目夸大垦覆的增产效果,连年进行无相应保土、保肥措施的大面积连片竹林地垦覆,致使清除了地表植被的土壤裸露、疏松,地表径流量显著增加,富含养分的表土层随地表径流而流失,尤以坡度大的竹林为甚。土层的逐渐薄化和养分流失,导致竹林整体生产力下降,表现为出笋成竹少,立竹长叶或换叶质量差,蒸腾作用弱,地下鞭系总鞭长和鞭径减小[6],土壤固土持水和涵养水源能力下降。地被物的清除和表土的流失,使土壤中益虫、微生物种类和种群数量减少,影响参与养分循环的有机物的分解与有效利用,间接影响竹林生长。竹林地垦覆后,一般都结合施用以化学肥料为主的养分补充,疏松透气的土壤,更易造成肥料有效养分的挥发和淋溶,而且竹林多处于江河湖库的源头或两岸,垦覆后造成的水土流失,使区域生态环境恶化。

3.4　林地覆盖

竹林地覆盖是指通过有机材料人工覆盖林地,达到增温保湿效果,"强迫性"短期内增加竹子生理积温,可促进竹笋提前萌发,大幅度提高竹林经济效益[23],在早园竹、红竹等散生笋用小径竹中得到了较好的应用。然而林地连年覆盖对竹林良好生长不利,可造成竹林趋于衰败[24~25]。据研究,与土壤层面生态系统相关的覆盖保护地竹林衰败的主要成因是:目前应用的覆盖物多为高 C/N 材料,如锯屑、砻糠等,分解过程中会改变土壤理化性质,诸如土壤有机态营养耗竭,C/N 和 N、P、K 间比例失调及酶活性的异常[26,27],覆盖物释放的土壤交换性盐基离子增大了土壤盐基饱和度,使土壤酸碱度不稳定[28]等;而土壤理化性质及温、湿度等环境因子的变化,直接影响参与养分循环代谢的土壤微生物和动物的生境,从而导致土壤发生物理、化学、生物性劣变。

3.5　病虫害防治和化学除草

由于竹子大面积纯林经营,竹子病虫害发生严重,主要病虫害种类达 50 种以上。目前防治方法有物理、化学与生物防治等,实行预防为主,综合防治的策略;但在竹子病虫害猖獗或大面积发生时,常常依赖于见效快,防治效果好的化学防治,而化学防治不仅能直接造成对环境的污染,竹林产品品质下降,农药残留超标,通过食物链传递影响人们身体健康,竹林产品因"绿色壁垒"而出口受阻等;而且许多农药由于难降解大量积累性地存留于土壤中,土壤质量达不到当前农林业发展趋势的无公害产品生产的

要求,而有效地去除土壤中农药有害残留物是困扰人们的难题[29]。因此,从土壤生态管理,食品安全和可持续发展等目标出发,竹子病虫害防治应走有害生物生态管理之路。

竹林地喷施化学除草剂清除杂灌、杂草,不失为一种省工省时的竹林抚育方法,但其对竹林土壤生态系统的破坏作用也极为明显。化学除草剂多为通过植物茎叶内吸传导至根部从而达到杀除杂草的,实践表明,多次施用化学除草剂的竹林地土壤生物多样性显著降低,尤其是微生物区系和种群数量锐减,固土持水、涵养水源、贮存养分功能大为削弱,竹林抵御灾害能力差,易引发各种病虫害,最终引致林分持续生产力下降;而且,化学除草剂可通过土壤中的累积作用影响竹笋品质,以亚硝酸盐等有害物质污染水体。因此,现行较为普遍使用的竹林地化学除草对竹林生态系统和环境的影响不能不引起关注。

4 基于竹林土壤生态管理的重点研究方向

4.1 现行竹业栽培措施对土壤生态质量影响数量化评价

通过对各类经营类型竹林土壤生态质量的定位监测,在研究现行竹林丰产栽培措施对竹林土壤生态质量的影响机理基础上,数量化评价各项栽培措施在土壤层面上的生态负面效应,研究维护竹林土壤生态系统稳定和长期地力保持的创新性土壤管理技术,为制订符合现代竹业栽培需求的标准化技术提供科学依据。

4.2 退化竹林地力恢复技术

由于竹林长期集约纯林经营和强度收获,我国竹产区大面积竹林不同程度出现林分质量和立地生产力持续下降等现象,是当前困扰我国竹业栽培的主要问题。应从竹林生态系统结构与功能的辩证关系出发,以增强竹林自肥能力为目标,在土壤肥力形成和生物能发育规律等研究的基础上,定向性地研究诸如竹林地植被自然或人工恢复,林分生物量有效归还,固氮菌、解磷菌和解钾菌的开发利用等技术,达到解脱对化肥的依赖,维护竹林地力稳定,保护生态环境等目的。

4.3 农药污染竹林土壤修复技术

根据我国竹林土壤农药污染较为普遍,也较为严重的现状,顺应无公害竹笋乃至有机竹笋栽培的形势发展要求,针对竹林土壤农药污染特点研究物理、化学、生物等修复技术,重点应研究具土壤有害物质去除率高,见效快,成本低,操作方便等优点的微生物修复酶,通过酶筛选、提取、纯化和固定化等技术的系列研究与熟化,研制工厂化生产的修复酶制剂。

4.4 竹林基础养分循环机理与科学补充技术

研究竹林养分循环至今多注重于竹林施肥效果、林分枯落物养分归还等方面,而从土壤生态系统"暗箱"层面上来研究则鲜有涉及,应以N、P、K等竹林生长发育所必需的基本元素为对象,通过不同肥源和不同施肥季节及施肥方法的基本元素在土壤中吸附、释放、损失、累积等循环规律和有效利用效率等方面开展研究,最终实现以有机肥为基础,生物能源为动力,氨基酸类、腐植酸类复合微肥为补充,逐步减少直至不再施用化学肥料的竹林地养分补充技术。

参考文献:

[1] 王小艺,沈左锐. 农业生态系统健康评估方法研究概况[J]. 中国农业大学学报,2001,6(1):84～90

[2] 梁文举,武志杰,闻大中. 21世纪初农业生态系统健康研究方向[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1022～1026

[3] 徐德应,张小全. 森林生态系统管理科学——21世纪森林科学的核心[J]. 世界林业研究,1998(2):1～7

[4] Grumbine R E. What is ecosystem management? [J]. Conservation biology,1994,8(1):27～28

[5] 吴建国. 毛竹天然混交林结构的研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,1999

[6] 陈林泉,张培新. 安吉竹林经营发展之我见[J]. 林业科技开发,1997 (2):50～51

[7] 楼一平,吴良如,萧江华. 毛竹纯林长期经营对林地土壤肥力的影响[J]. 林业科学研究,1997,10(2):125～129

[8] 楼一平,吴良如,萧江华. 竹木混交林改为毛竹纯林经营后的林分生长动态[J]. 林业科学研究,1997,10(1):35～41

[9] 曹群根,傅懋毅,李正才. 毛竹林凋落叶分解失重及养分累积归还模式[J]. 林业科学研究,1997,10(3):303～308

[10] 吴炳生. 毛竹林群落类型水源涵养功能的初步研究[J]. 竹子研究汇刊,1992,11(4):18～24

[11] 王良睦,邵成,郑文教,等. 福建和溪亚热带雨林凋落物及残留物的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1996,35(5):795～800

[12] 王彦辉. 毛竹人工林水文作用的研究[A]. 蒋有绪. 中国森林生态系统结构与功能规律研究论文集[C]. 北京:中国林业出版社,1996:198～207

[13] 陈双林,杨伟真. 我国人工经营毛竹林地力衰退成因分析[J]. 林业科技开发,2002,16(5):3～6

[14] 张寿槐,成丽华,刘红. 不同施肥方法对二年生毛竹物理力学性质的影响[J]. 木材工业,1990,4(3):28～32

[15] 胡集瑞. 施肥对毛竹笋产量和出笋规律的影响[J]. 福建省林业

科技,2000,27(1):34～35,52

[16] 朱元洪,孙羲,洪顺山. 施肥和土壤养分对毛竹笋营养成分的影响[J]. 土壤学报,1991,28(1):40～49

[17] 吴立潮,胡日利,吴晓芙. 毛竹计量施肥研究进展[J]. 广西林业科技,1997,26(4):164～169

[18] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆竹林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1):25～32

[19] 徐仁扣,Coventry D R. 某些农业措施对土壤酸化的影响[J]. 农业环境保护,2002,21(5):385～388

[20] Ladd J N, Amato M. The fate of nitrogen from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions [J]. Soil biochem,1986,18:417～425

[21] 江泽平. 欧洲森林生态系统的氮循环研究近况[J]. 世界林业研究,1997 (5):55～61

[22] 尤作亮. 森林生态系统的氮循环及其调控机制[J]. 山东科学,1992,5(2):52～57

[23] 俞樟发. 雷竹生长与温度关系的探讨[J]. 竹子研究汇刊,1997,16(3):54～57

[24] 金爱武,冯伟明. 覆盖保护地栽培对雷竹地下鞭的影响[J]. 竹子研究汇刊,1998,17(4):36～39

[25] 俞樟福,何绍峰. 早园竹覆盖的负面作用及其对策[J]. 浙江林业科技,2001,21(2):42～45

[26] 姜培坤,俞益武,金爱武. 丰产雷竹林地土壤养分分析[J]. 竹子研究汇刊,2000,19(4):50～53

[27] 姜培坤. 雷竹林地覆盖增温过程中土壤酶活性的动态变化[J]. 林业科学研究,1999,12(5):548～551

[28] 姜培坤,张瑞华. 雷竹林地覆盖增温过程中土壤化学性质的动态变化[J]. 浙江林学院学报,1999,16(2):123～130

[29] Guenzi W D. 土壤和水中的农药[M]. 夏增禄,孟维奇,李森照,等. 北京:科学出版社,1985:82～83